Institut royal des Sciences naturelles de Belgique | Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen

BULLETIN | MEDEDELINGEN

Tome XXXIV, n° 11
Bruxelles, mars 1958.

Deel XXXIV, nr 11
Brussel, maart 1958.

CONTRIBUTION A L'ECOLOGIE DES HALDES CALAMINAIRES.

I. — Colonisation d'un milieu neuf,

par Serge JACQUEMART (Bruxelles).

INTRODUCTION.

La présente étude contribue à la connaissance des terrains calaminaires de Belgique et à l'examen des conditions externes et internes qui régissent une biocénose. Les groupements biotiques calaminaires représentent le type même d'une association conditionnée par la nature chimique du substrat; celle-ci détermine le maintien, dans une aire donnée, d'un groupement de plantes (et des animaux qui y sont inféodés) non par une appétence particulière pour les sels de zinc mais par une neutralisation de la concurrence des autres espèces. Leur situation sur les gîtes métallifères les a soumis longtemps à l'influence humaine; il est très délicat de se représenter quel était le facies original et dans quelle mesure s'en rapprochent les lambeaux actuels.

L'examen de la dynamique de ces groupements calaminaires est nécessaire pour connaître l'état d'équilibre existant entre cette association et la végétation avoisinante.

Cette étude doit porter sur la r é s i s t a n c e de l'association à l'introduction d'autres espèces dans son sein; des relevés successifs permettraient de savoir si les groupements actuels ont atteint leur climax et s'ils représentent, par conséquent, des fragments de la couverture végétale primitive.

Dans ce problème intervient également la possibilité d'expansion de l'association; si cette dernière peut coloniser plus ou moins aisément des

terrains neufs on pourra conclure que sa position géographique est, au cours du temps, variable dans une aire déterminée par des facteurs édaphiques. La nappe de sédiments calaminaires qui fait l'objet de la présente étude est un espace dénudé, situé directement à proximité de l'ancienne exploitation. Ce milieu permet de contrôler les possibilités d'expansion de l'association. Cette zone réalise un milieu où les facteurs agissant sur la faune présentent des écarts extrêmes. La pauvreté de la faune expose un aspect simplifié des relations qui assurent son maintien au sein d'un groupement végétal donné. L'étude faunistique de la variation de cet habitat au cours du temps permettra de dégager les principaux facteurs qui déterminent cette biocénose. Actuellement, ce premier stade de colonisation montre la communauté vivante initiale réagissant aux facteurs écologiques élémentaires mis en évidence par la simplicité du milieu.

Indépendamment du cas particulier que présentent ces terrains calaminaires, le site permet de suivre la colonisation d'un terrain nouvellement offert à la faune.

Nous tenons à exprimer notre gratitude à M. E. LELOUP, Directeur a. i. de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, pour l'intérêt qu'il n'a cessé de nous témoigner au cours de nos recherches. Nous remercions M. G. SEMPELS, Directeur du Laboratoire Central de la S. A. « Vieille Montagne » qui a bien voulu se charger des analyses chimiques. Nous nous devons également de remercier M. DECOSTER, garçon de laboratoire, pour l'aide enthousiaste qu'il a toujours manifestée lors des explorations et dans la préparation du matériel.

GÉOLOGIE DU SITE ET ORIGINE DU MILIEU ÉTUDIÉ.

Dans l'Est de la Belgique, les sites calaminaires occupent le centre des terrains carbonifères et dévoniens qui séparent les bassins houillers du pays de Herve et d'Aix-la-Chapelle. Ces terrains sont plissés et forment une série de selles et de bassins. Les bancs sont en direction N. E.-S. O. Les poussées venant du Sud ont donné naissance à des plis isoclinaux renversés vers le Nord. Des failles se sont formées aux endroits où les calcaires offraient une trop forte résistance. Des formations métallifères se trouvent au contact des calcaires.

Le gisement de Moresnet (fig. 1) est une formation dite de contact; il est couché dans la dolomie, qui se trouve elle-même dans un bassin de schiste dévonien. Les épanchements sont séparés, à la surface, par des massifs de dolomies. Une partie fut exploitée à ciel ouvert jusque 30 m de profondeur (en 1851); on a poussé l'exploitation jusque 50 à 65 m, et même vers les 90 mètres. La mine fut fermée en septembre 1884.

Le terrain étudié provient de débris de l'extraction par flottation, exploitation arrêtée en 1939. Il s'agissait du traitement de « schlam »; soumis au préalable à un délayage et à un broyage; ces dépôts provenant du « haufwerk » et des résidus du lavage de ceux-ci.

Ces argiles zincifères contiennent :

10 à 13 % de zinc,
45 % de silice,
15 % d'alumine,
6 % de fer,
1 à 1,2 % de chaux,

presque pas de plomb ni de soufre.

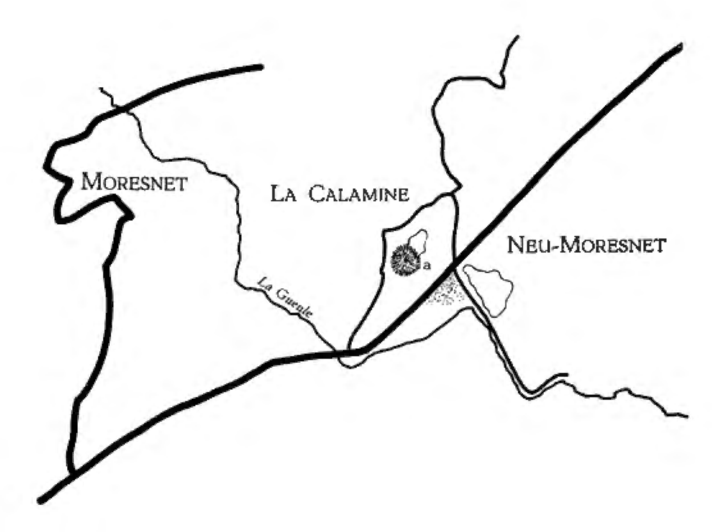


Fig. 1. — Carte de la région de La Calamine,
la zone étudiée est représentée en pointillés;
en a : le terril et le puits de l'ancienne exploitation de zinc.

La teneur en zinc des sédiments est encore élevée : 3,1 %, alors que les sols de la station calminaire en contiennent de 0,65 à 9 % (9 % est une teneur qui semble excessive pour les plantes car la végétation est rare dans cette zone).

Les plantes présentent une teneur en zinc aussi élevée que les espèces de la station calaminaire.

TABLEAU I.

	% cendres	% Zn dans les cendres	% Zn dans les plantes
Silene vulgaris GARCKE var. *angustifolia* KOCH	7,56	3,30	0,25
Festuca ovina L. var.	7,67	0,78	0,06
Deschampsia flexuosa L.	5,95	0,80	0,048
Armeria elongata KOCH (station)	—	0,68	—
Sédiment	—	3,10	—

RÉGIME HYDRIQUE DU SOL.

Pour établir le comportement du sol vis-à-vis de l'eau, il fut prélevé des échantillons de sol en place au moyen de cylindres d'acier inoxydable, de 12 cm de haut et de 4,5 cm de diamètre. Les échantillons furent traités en laboratoire en vue d'effectuer les mesures suivantes :

Poids de l'échantillon frais (M. f.).
Poids après immersion sous l'eau dans un caisson à vide (M. t.).
Poids après égouttage de 30 minutes (M. e.).
Séchage à l'étuve à 120° C (MS).
V = volume du tube.
P = poids de l'eau contenue dans l'échantillon.
Ps = poids de l'eau contenue dans 100 gr de sol au point de saturation.

Teneur en eau % du poids frais :

$$\frac{Mf - MS}{Mf} \times 100 = 30{,}966\ \%.$$

Teneur en eau % du poids sec :

$$\frac{Mf - MS}{MS} \times 100 = 44{,}857\ \%.$$

Contenu en eau % volume sol en place :

$$\frac{Mf - MS}{V} \times 100 = 161{,}12\ \%.$$

Contenu en air :

$$\frac{Mt - MS}{V} \times 100 = 239{,}400 \ \%.$$

Capacité en eau :

$$\frac{Me - MS}{V} \times 100 = 187{,}07 \ \%.$$

Capacité en air :

$$\frac{Mt - Me}{V} \times 100 = 52{,}37 \ \%.$$

Poids de l'eau contenu dans 100 gr. de sol :

$$\frac{Me - MS}{MS} \times 100 = 52{,}078 \text{ g.}$$

au point de saturation.

% de saturation :

$$\frac{100 \times P}{Ps} = 63{,}50.$$

Le sol extrêmement poreux présente une capacité en eau et en air très élevée, ce qui s'observe très bien après les pluies, et s'explique par les nombreux interstices entre les grains. Le régime hydrique est proche de celui des sols sablonneux. Néanmoins la taille des particules se montre beaucoup plus fine que celle des grains de sable des dunes pour lesquels E. SALISBURY (1952) estime les plus grands aux environs de 0,3 mm. Dans le sol étudié, la taille du plus grand pourcentage des particules varie de 0,1 à 0,2 et 0,05 à 0,1 mm (fig. 2). La percolation s'y montre plus considérable que dans les sols argileux et à fortiori, humiques. La surface, libre de toute végétation, peut donc être aérée constamment ce qui contribue à activer l'évaporation. Un autre phénomène propre aux sols granuleux s'observe après les précipitations : une élévation fugace de la teneur en eau du sol de surface, quoiqu'en général, les 10 premiers centimètres contiennent un pourcentage d'eau très faible.

Le microclimat lumineux.

Durant les observations en 1955 les conditions atmosphériques n'ont guère été propices à des mesures du climat lumineux : très souvent une nébulosité provoquait des changements continuels dans l'éclairage et rendait aléatoire une comparaison de la lumière reçue dans les différents habitats.

Les niches dans lesquels les mesures devaient être faites étaient de dimensions restreintes; un espace d'un ou deux centimètres séparait la voûte végétale, du sol. Il était très délicat de mesurer, sans perturber les conditions initiales, la lumière reçue à travers les feuilles. Pour effectuer les mesures, il fut creusé une petite tranchée sous les plantes de manière à ne pas déplacer celles-ci; le luxmètre y fut déposé et déplacé à différents points de la niche écologique, de cette manière la cellule se trouvait à la hauteur du sol et recevait la lumière dans les conditions naturelles.

Des mesures prises le 10-X-55 montrent que pour un éclairement extérieur de 10.000 Lx la lumière sous les *Silene* tombe à 1.500 et 2.000 Lx, ce qui prouve une interception de 85 à 80 % par la plante. A la base d'une touffe de graminées, la lumière est de 1.200 Lx, soit une interception de 88 %.

Le 22-IX-55, les mesures furent prises dans des conditions d'éclairement particulièrement bonnes. Des lectures très nombreuses furent faites sous les plantes; elles ont mis en évidence une très grande homogénité dans le microclimat lumineux des habitats de la faune. L'éclairement au sol exposé était de 100.000 Lx : sous les touffes de *Deschampsia*

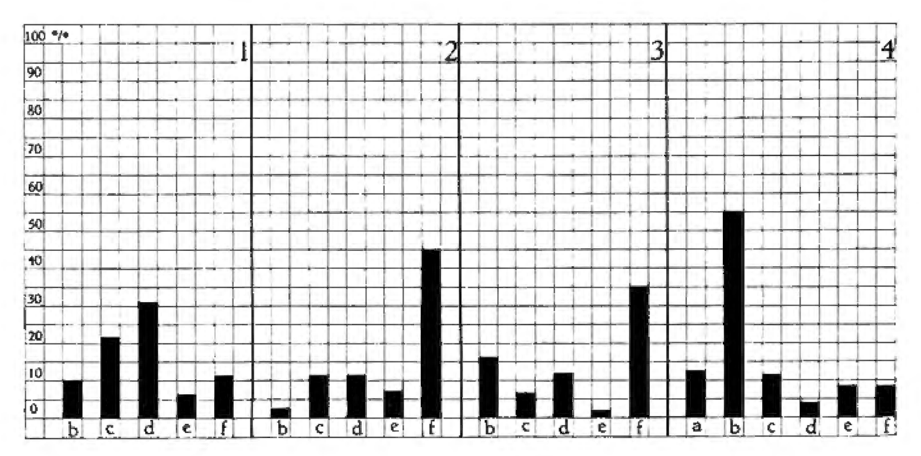


Fig. 2. — Granulométrie du sol : a = > 1 mm.
b = 0,2 - 1 mm.
c = 0,1 - 0,2 mm.
d = 0,05 - 0,1 mm.
e = 0,02 - 0,05 mm.
f = < 0,02 mm.

flexuosa L., la lumière tombait à 25.000 Lx à la périphérie, et, à 12.500 à la base même de la touffe, soit des pertes respectives de 75 % et 87 %. Au centre de la touffe, parmi les chaumes, la perte de lumière se chiffrait à 85 %. Sous le *Silene*, à la périphérie de la plante où le feuillage n'est pas très dense et où se trouvaient de nombreuses tiges désséchées, la luminosité est de 17.500 Lx; elle diminue jusque 4.000 Lx sous le feuillage serré, l'interception passant de 82.5 % à 97; dans le feuillage même la perte est de 95 %. Dans le cas de *Festuca ovina* L. var., l'interception due au feuillage est moindre : 30.000 Lx à la périphérie, 8.000 Lx à la base de la touffe et 30.000 Lx parmi les tiges, soit une interception de 70 % passant rapidement à 92%.

Le microclimat lumineux propre à chaque espèce de plante est déterminé sensiblement par les mêmes conditions que le microclimat thermique : épaisseur du feuillage, position des tiges, etc. Les mesures permettent de juger de l'éclairement relatif des habitats, le microclimat lumineux se caractérise par une diminution brusque de luminosité au voisinage de la base des plantes, (fig. 3) réduction considérable de l'ordre d'environ 90 % de l'éclairement extérieur. Dans les groupements de plantes, la zone de faible éclairement est sensiblement la même dans les interstices entre les plantes que sous celles-ci. Le 13-X-55, pour un éclairement exté-

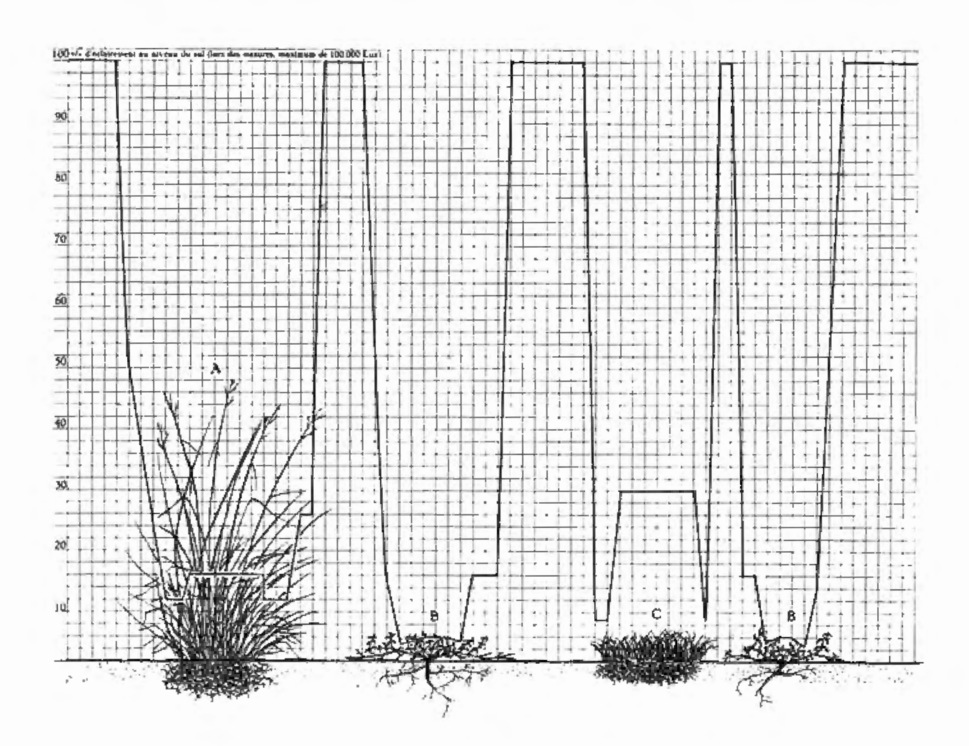


Fig. 3. — Interception du flux lumineux total par les diverses espèces végétales du site.

rieur de 80.000 Lx, on note, sous les *Deschampsia*, 7.500 Lx, soit environ 10 % de l'éclairement extérieur et sous les Silènes, 10.000 Lx.

Le microclimat thermique.

Le 10-X-54 : la température de l'air = 14° C, le sol découvert = 13° C, à 5 cm de profondeur = 10° C et à partir de 10 cm, la température demeure à 9° C. Sous les plantes, l'air est de 3° C plus froid qu'à l'extérieur; le sol superficiel à l'abri des plantes montre également une température moindre que le sol nu : 10,5° C sous les Silènes et 9,5° C sous les Graminées.

Le 28-IV-55 : l'air = 23° C, malgré un vent très violent; le sol nu de surface montre une température élevée : 32° C qui décroît rapidement avec la profondeur : 23° C à 5 cm, 18° C à 10 cm et 16° C à 20 cm. Sous les plantes, l'air = 19° C et le sol = 16° C, ce qui présente avec l'extérieur une différence de 16° C.

Le 25-V-55 : température de l'air = 23° C, la température du sol = 25° C en surface, 22° C à 3 cm, 19° C à 5 cm, et 17,5° C à 10 cm, sous les plantes la température en surface ≐ 18,5° C, 17° C à 5 cm et 15,5° C à 10 cm. L'air, à la base des Silènes est de 0,5° C plus bas que l'air extérieur, tandis que dans les Graminées, la température est de 3° C plus basse.

Le 29-V-55 : l'air = 17° C, le sol nu = 21° C et de 19,5° C à 3 cm, de 15° C à 10 cm; sous les plantes la température du sol = 13,5° C.

Le 4-VIII-55 : l'air = 18,5° C; le sol nu montre en surface 21° C, cette température décroît rapidement : 17° C à 5 cm, 16,5° C à 10 cm; sous les plantes, la température de surface est plus basse de 5,5° C mais l'écart s'atténue en profondeur : 15° C à — 5 et — 10 cm.

Le 22-IX-55 : la température de l'air = 20° C, le sol nu = 26,5° C; la température s'abaisse de 1,5° C à — 5 cm, = 16,5° C à — 10 cm et 14° C à — 20 cm.

Sous les plantes, la température varie selon le recouvrement des espèces. Sous *Deschampsia*, la température de 17° C en surface, passe à 16° C à 10 cm et à 14° C à 20 cm; sous les *Festuca*, la courbe est analogue; les Silènes montrent 18,5° C en surface et passant à 16° C à 5 cm, 15,5° C à 10 cm et 14° C à 20 cm. La température sous les *Deschampsia* est plus élevée que celle de l'air extérieur (4° C); dans les touffes de plantes par contre elle demeure 0,5° C plus basse

Le 13-X-55 : l'air extérieur à 1 m du sol = 21° C, et, au ras du sol nu = 22° C; sous les plantes, *Festuca* et *Silène*, la température tombe à 20° C et, dans les touffes de *Deschampsia*, à 16,5° C. Le sol en surface = 18,5° C et, à — 5 cm celle-ci descend à 15,5° C, et à — 5 cm à 14° C.

Sous les *Deschampsia*, la surface est plus froide : 11,5° C à — 5 cm, 10° C à — 10 cm. Sous les Silènes, le sol de surface a une température de 14,5° C retombant à 13,5° C à — 5 cm et à 11,5° C à — 10 cm.

Le sol en surface présente une température plus basse que l'air mais nullement supérieure (4 à 7° C) à celle du sol recouvert par les plantes.

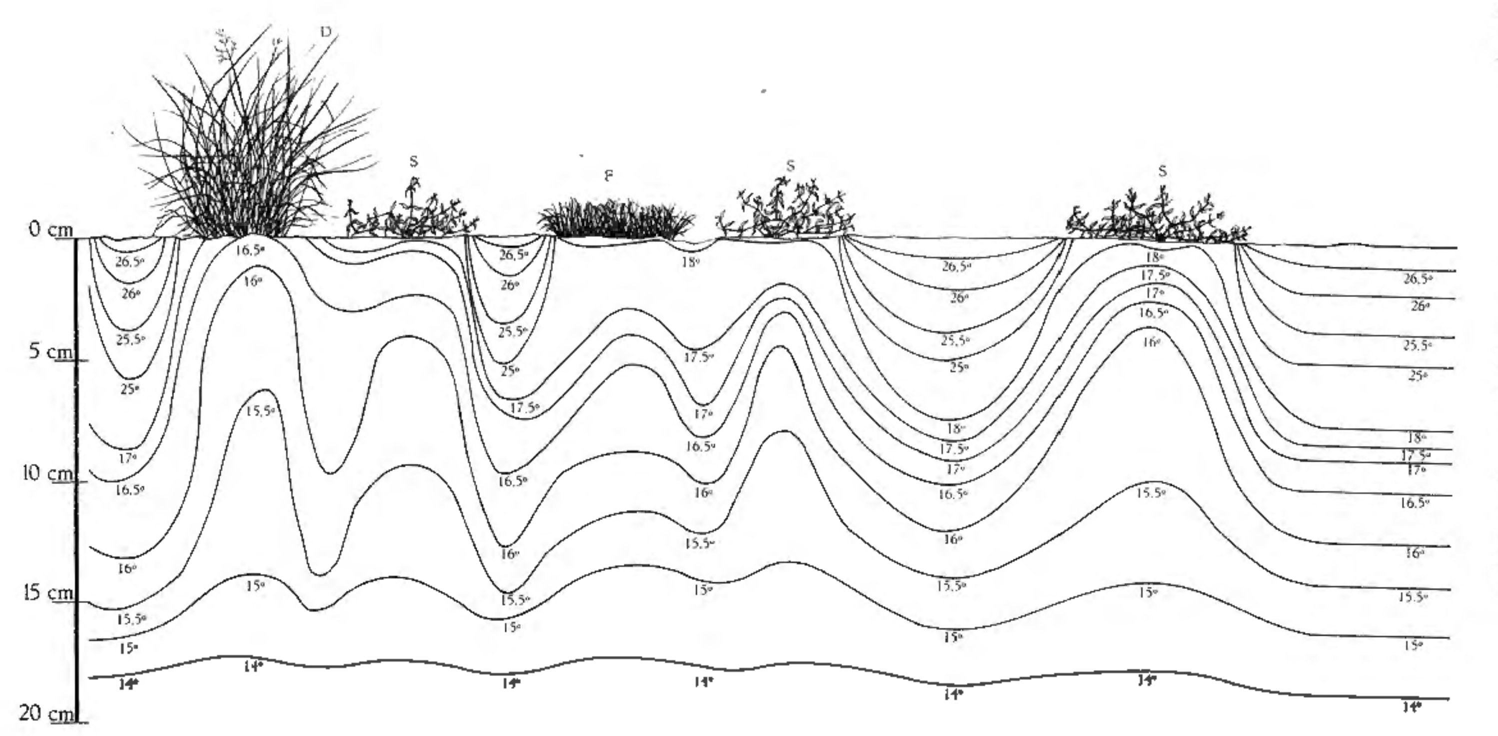


Fig. 4. — Profil thermique du sol dans le groupement végétal colonisateur.

On observe très bien dans ce cas, le rôle de tampon joué par les plantes; elles freinent considérablement le réchauffement du sol refroidi durant la nuit; de plus, l'influence de l'écran végétal se fait sentir assez profondément dans le sol. Ce phénomène se marque particulièrement bien au printemps et à l'arrière-saison quand aux nuits froides succèdent des journées ensoleillées. On observe un cas semblable pour l'air sous les plantes, en général une température de 2 à 3 degrés plus basse que l'air extérieur (dans le cas présent, une différence de 6° C pour *Deschampsia*).

Le 1-X-55 : température de l'air = 6° C; le sol en surface = 6° C jusque — 10 cm; sous les plantes, = 4° C jusque — 10 cm.

On note un refroidissement considérable du sol, et la courte insolation ne l'affecte guère.

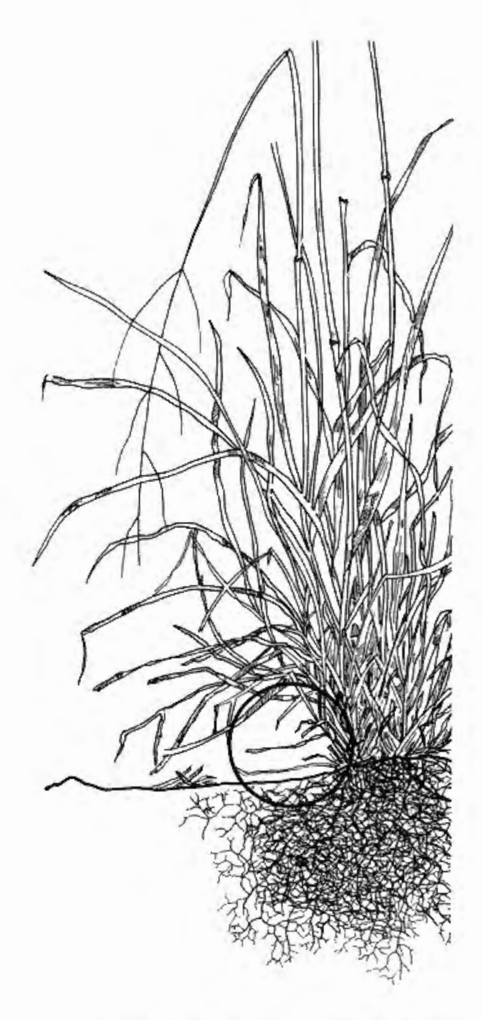


Fig. 5. — Niche où se cantonne la faune sous *Deschampsia flexuosa* L.

Le microclimat thermique du sol se caractérise par un échauffement considérable du sol nu, mais la température décroît rapidement avec la profondeur, s'abaissant dès les premiers 5 cm. Cette chute étant parfois de 10° C (cf. le 28-IV-55). Ce sol, en général à faible capacité calorique, perd rapidement sa chaleur la nuit par rayonnement.

Le microclimat réalisé par les plantes montre des conditions moins excessives; nettement moins marqué, l'échauffement du sol de surface présente des différences notables avec l'extérieur, allant de 2 ou 3 degrés jusque 16 degrés, les écarts considérables se produisant les jours de plein soleil lorsque la température du sol découvert augmente brusquement. Le rôle d'écran joué par les plantes se fait sentir jusqu'à une dizaine de cm de profondeur où la température est de 1 ou 2 degrés plus basse que dans le sol nu (fig. 6). L'air compris dans l'espace ménagé entre le feuillage des plantes et le sol subit la même action isolante, il est de 1 ou 2 degrés plus froid que l'air ambiant, bien qu'à certains moments, lors d'un refroidissement rapide de l'air extérieur, la chaleur rayonnée par le sol s'accumule dans ces habitats et provoque une augmentation de température par rapport à l'extérieur. Le pouvoir isolant de la couverture végétale dépend évidemment de la morphologie de la plante. L'abri offert à la faune par *Deschampsia flexuosa* L. (fig. 5) est une étroite bande circulaire à la périphérie de la touffe. Cet anneau de quelques centimètres de largeur est protégé directement de l'air extérieur par la voûte que constituent les feuilles mortes partant de la base et se courbant jusqu'au sol; ces chaumes ménagent ainsi un tunnel circulaire d'un ou 2 cm de haut et de 2 ou 3 cm de large. En hauteur, les chaumes et les feuilles, s'écartant de la base, interceptent le rayonnement solaire.

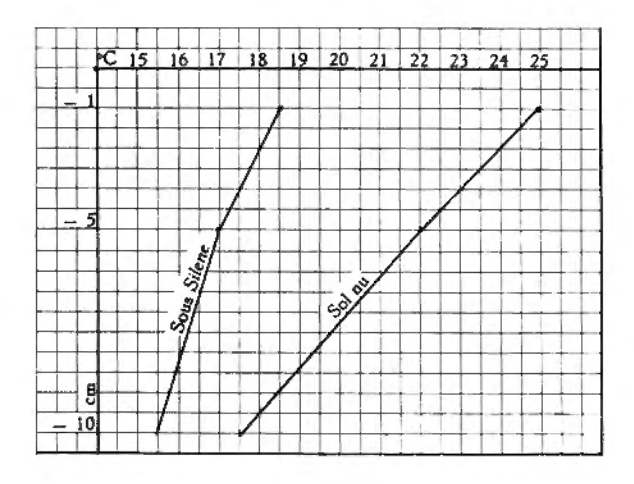


Fig. 6. — Profils thermiques sous une plante et dans le sol découvert.

Dans le cas de l'autre graminée du site, *Festuca ovina* L. var., cette zone climatique est très réduite par suite du peu de développement des parties aériennes. Le meilleur habitat dont dispose la faune se situe sous les plantes de Silène, la disposition des tiges, partant d'une racine centrale, offre un gîte de dimensions nettement plus importantes que précédemment, parfois 1 dm^2. Le feuillage plus dense et la disposition plus ou moins horizontale des feuilles ont vis-à-vis des changements extérieurs un plus grand pouvoir amortisseur que les graminées.

Si l'on observe un profil thermique-type (fig. 4), tel celui observé le 22-IX-55 qui fut un jour de plein ensoleillement, on remarque la décroissance rapide d'environ 10° C de la température dans les 10 premiers cm. Le rôle amortisseur joué par les plantes se manifeste jusque environ 18 cm, l'isotherme stable de 14° C se situant à 20 cm de profondeur. La différence entre le sol couvert et le sol nu est de 8° C. Sous la surface exposée directement, l'isotherme plonge rapidement.

L'Humidité

L'humidité de l'air joue un rôle primordial vis-à-vis de la faune et principalement pour les Collemboles dont dépend en grande partie la synusie prédatrice. Or les Collemboles exigent une atmosphère proche de la saturation en vapeur d'eau (90 % d'humidité relative). Il est évident qu'une forte humidité règne sous les plantes, là où il y a de l'humus, étant donné la forte capacité de rétention de ce dernier; des conditions semblables se réalisent surtout à la base des Silènes. Néanmoins, nous n'avons pu effectuer des mesures, faute d'un appareil qui aurait pu être introduit dans ces petits habitats sans y causer de perturbations. En automne 1955, nous avons pu disposer d'un micro-psychromètre à aspiration, les chiffres suivants furent obtenus le 13 octobre 1955.

Air à 1 m = 60 %, à 50 cm = 65 %, au ras du sol = 50 %, sous une touffe de *Festuca* = 70 %, sous une touffe de *Silene* = 80 %, dans une touffe de *Deschampia* = 75 %, à la base de cette touffe, dans l'habitat de la faune = 80 %.

Bien que ces mesures aient été prises avec minutie, elles ne révèlent pas nettement les phénomènes qui se passent dans la mince litière humique, épaisse de quelques millimètres. En outre des mesures devraient être faites lors des fortes insolations.

L'Humus.

Ce terme désigne les débris de végétaux provenant soit directement de la plante, soit s'accumulant par l'intermédiaire d'animaux.

Débris végétaux.

Deschampsia flexuosa L. Cette plante développe des touradons qui englobent les parties mortes. Il y a peu d'apport de matière végétale sur

le sol environnant, les feuilles et les tiges demeurant sur la touffe, ou, si des fragments tombent sur le sol, ils se décomposent très lentement et ne forment jamais un humus amorphe. (fig. 7).

Festuca ovina L. var. Les touffes de cette graminée grandissent périphériquement, encerclant les souches mortes et le sol minéral; pratiquement aucun débri ne jonche le sol environnant.

Silène vulgaris GARCKE var. *angustifolia* KOCH. Cette espèce engendre le plus d'humus, constitué de feuilles et des tiges annuelles. Moins ligneux que les précédents, cet humus se décompose et donne naissance à une couche plus amorphe; les conditions d'humidité régnant sous le couvert dense des plantes contribuent à son évolution. D'épaisseur faible, cette couche, lacunaire, laisse voir le sol nu entre les débris végétaux.

Le lapin attaquant les graminées, dépose ses excréments dans les amas de plantes (fig. 7); ceux-ci forment une litière de matières organiques. Sur le sol découvert, les crottins se déssèchent mais, sous les Silènes l'humidité en provoque la décomposition et donne naissance à une activité fongique s'étendant aux débris tombés des végétaux.

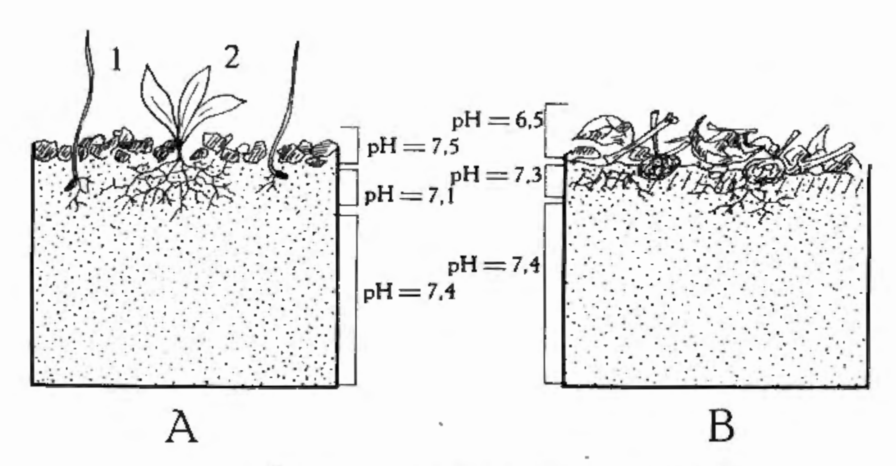


Fig. 7. — Profils humiques du sol nouvellement colonisé.
A) A l'air libre : 1 = Plantule de *Deschampsia flexuosa* L.
2 = Plantule de *Silene vulgaris* GARCKE var. *angustifolia* KOCH.
B) Sous les Silènes, avec excréments de lapin.

Les géobiontes. Par suite de la structure lacunaire de la couche humique, les organismes humicoles restent rares. On note la présence de Collemboles, mais en nombre assez réduit, ils n'interviennent que très faiblement dans l'évolution du sol. Les larves de *Lasia quatuorvigincti notata* L. très nombreuses, contribuent par leurs excréments, à la formation d'une litière organique.

Un curieux aspect du sol de surface paraît se rattacher à son évolution; il s'agit d'une couche de plaques minces semblant être les débris d'une fine pellicule de vase desséchée. Cette matière est répandue aux abords des amas de plantes, il est à remarquer qu'en 1954, elle apparaissait encore rarement, mais en 1955 elle s'étend en nappes plus larges et plus nombreuses. Ce substrat joue un rôle indiscutable vis-à-vis de la végétation; on observe en effet, que dans les petites concavités là où ces pellicules ont formé une couche d'environ 5 mm d'épaisseur, de nombreuses plantes *Deschampsia* et *Silene* ont germé.

TABLEAU II.

Capacité de rétention d'eau de l'humus sous les Silènes.

N° Relevé ± 3,15 cm²	Poids sec. en gr	Poids d'eau pour 1 gr. à la saturation en gr	% de saturation
1	0,2940	4,0887	29,46
2	0,1620	4,0493	16,23
3	0,2630	2,9296	26,38
4	0,2400	3,9168	24,06
5	0,2520	2,2420	25,22
6	0,2225	3,7146	22,27
7	0,4000	3.3775	49,10
	Poids sec moyen 0,2741	Poids d'eau moyen à la saturation 3,4740	% moyen de saturation 27,53

Les prélèvements furent effectués à la base des plantes de Silène, la couche présente une grande homogénéité, tant par le poids de matière humique que par la capacité de rétention de l'eau. L'humus peut contenir à la saturation environ sept fois son poids d'eau.

Cette forte capacité influence le microclimat car elle sature l'air en vapeur d'eau, surtout pour la faune qui vit au niveau de la couche humique.

La Flore.

Position phytosociologique.

Les espèces colonisant les sédiments proviennent des gîtes calaminaires proches. Cette flore typique des terrains à zinc se range dans l'ordre du *Xérobrometum;* ce sont des espèces relictuelles à caractère alpin pouvant

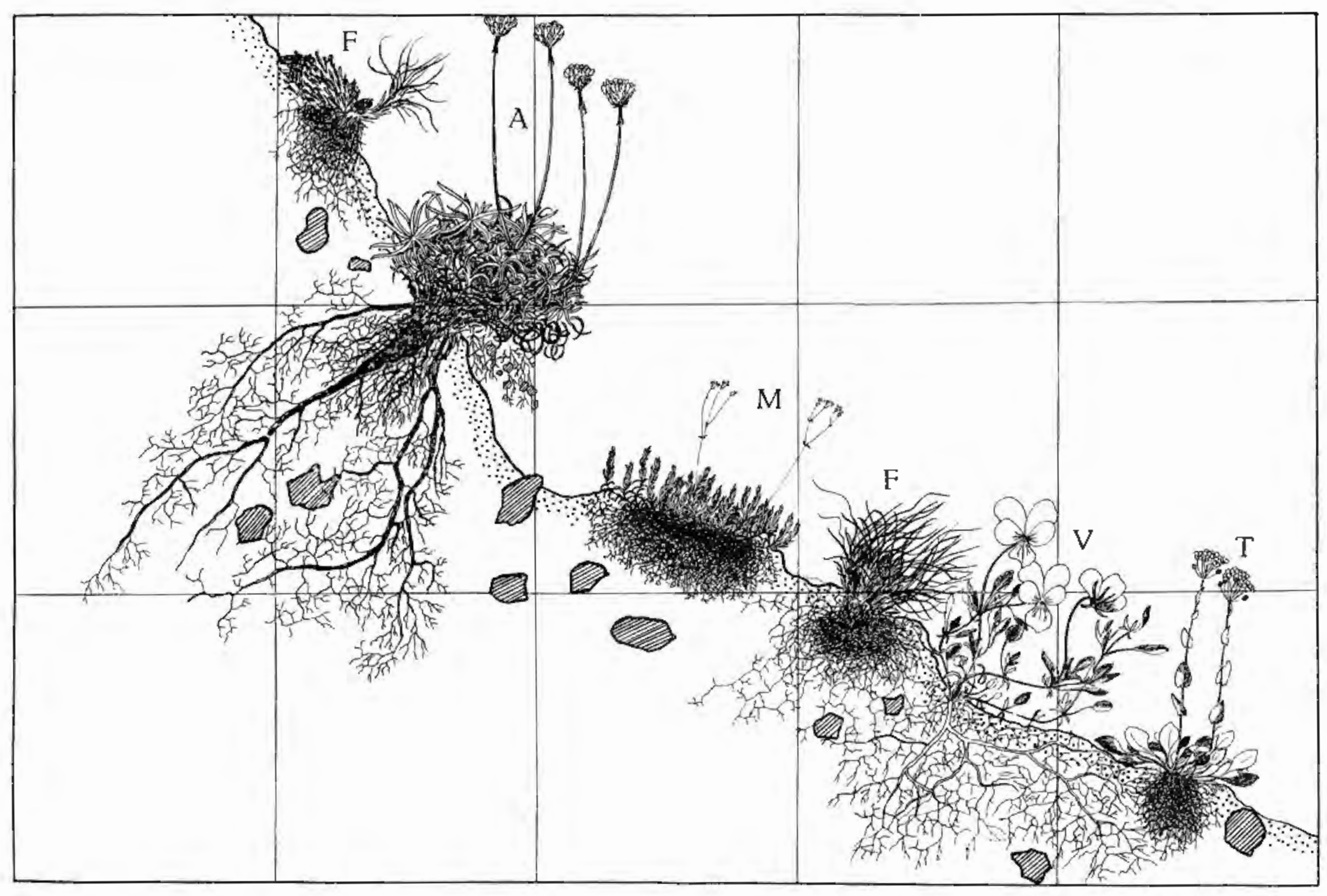


Fig. 8. — Coupe de l'association *Violetum calaminariae* SCHWI. 1931. F = *Festuca ovina* L. var. — A = *Armeria elongata* KOCH. — M = *Minuartia verna* HIERN. var. — V = *Viola calaminare* LEJ. — T = *Thlaspi alpestre* L. var. *calaminare* LEJ.

s'accommoder de ces conditions édaphiques et n'ayant de la sorte pas à subir les concurrences des autres plantes.

Il s'agit de l'association *Violetum calaminariae* SCHWI. 1931 (fig. 8).

Alliance : *Violion calaminarae* SCHWI. 1931.

Ordre : *Violetalia calaminariae* BR.-BL. et TUXEN avec comme caractéristiques de l'association : *Festuca ovina* L. Var., *Minuartia verna* HIERN. Var., *Silene vulgaris* GARCKE, var. *angustifolia* KOCH, *Thlaspi alpestre* L. var. *calaminare* LEJ., *Viola calaminare* LEJ., *Armeria elongata* KOCH; et comme caractéristique de l'ordre : V. *Pimpinella saxifraga L.*, III. *Euphrasia stricta* HAST., II. *Koeleria gracilis* PERS., II. *Scabiosa columbaria L.*; Compagnes : *Lotus corniculatus* L., *Trifolium pratense* L., *Agrostis alba* var. L., *Achillea millefolium* L., *Viola arvenis* MUN., *Galium mollugo* L.

MODE DE COLONISATION PAR LES PLANTES.

Les plantes colonisatrices principales sont *Festuca ovina* L. var. et *Silene vulgaris* GARCKE var. *angustifolia* KOCH. et une ubiquiste : *Deschampsia flexuosa* L.

Festuca ovina L. var. Cette graminée développe des touffes çà et là; elle édifie des touradons d'environ 5 cm de hauteur s'agrandissant sur leur périphérie en laissant au centre des graminées mortes.

Le feutrage des racines est extrêmement serré ainsi que les parties aériennes, qui, mêlées à des éléments minéraux du sol, forment une motte impénétrable; les feuilles restent en général petites, ce qui peut être attribué à l'action des lapins.

Deschampsia flexuosa L. édifie des touffes importantes qui, bien qu'attaquées par les lapins, ne semblent pas en souffrir.

Silene vulgaris GARCKE var. *angustifolia* KOCH représente la principale colonisatrice du site. Autour des plantes on remarque de nombreuses petites plantules. Son système radiculaire développe de longues racines rayonnant loin de la tige axiale et explorant le sol superficiel. Elle colonise le terrain par de rares individus isolés, ses longues racines s'étendent en tous sens à une faible profondeur; c'est seulement la deuxième année qu'apparaissent de nombreuses plantules dans la mince couche d'humus entourant la plante mère.

Minuartia verna HIERN. var., en petit nombre s'étend en plaques de surface réduite; ses racines explorent la surface du sol. Souvent elles se groupent en de petits îlots de verdure qui constituent pour la faune un biotope jouissant de conditions microclimatiques spéciales.

La première année cette plante était rare et ne se trouvait que dans les petits groupes de plantes, la seconde année elle y formait des plaques qui tendent à s'étendre.

L'ÉVOLUTION DE LA VÉGÉTATION.

En l'espace d'un an, la végétation a subi de notables changements non par l'apport d'espèces nouvelles, mais par une augmentation du nombre

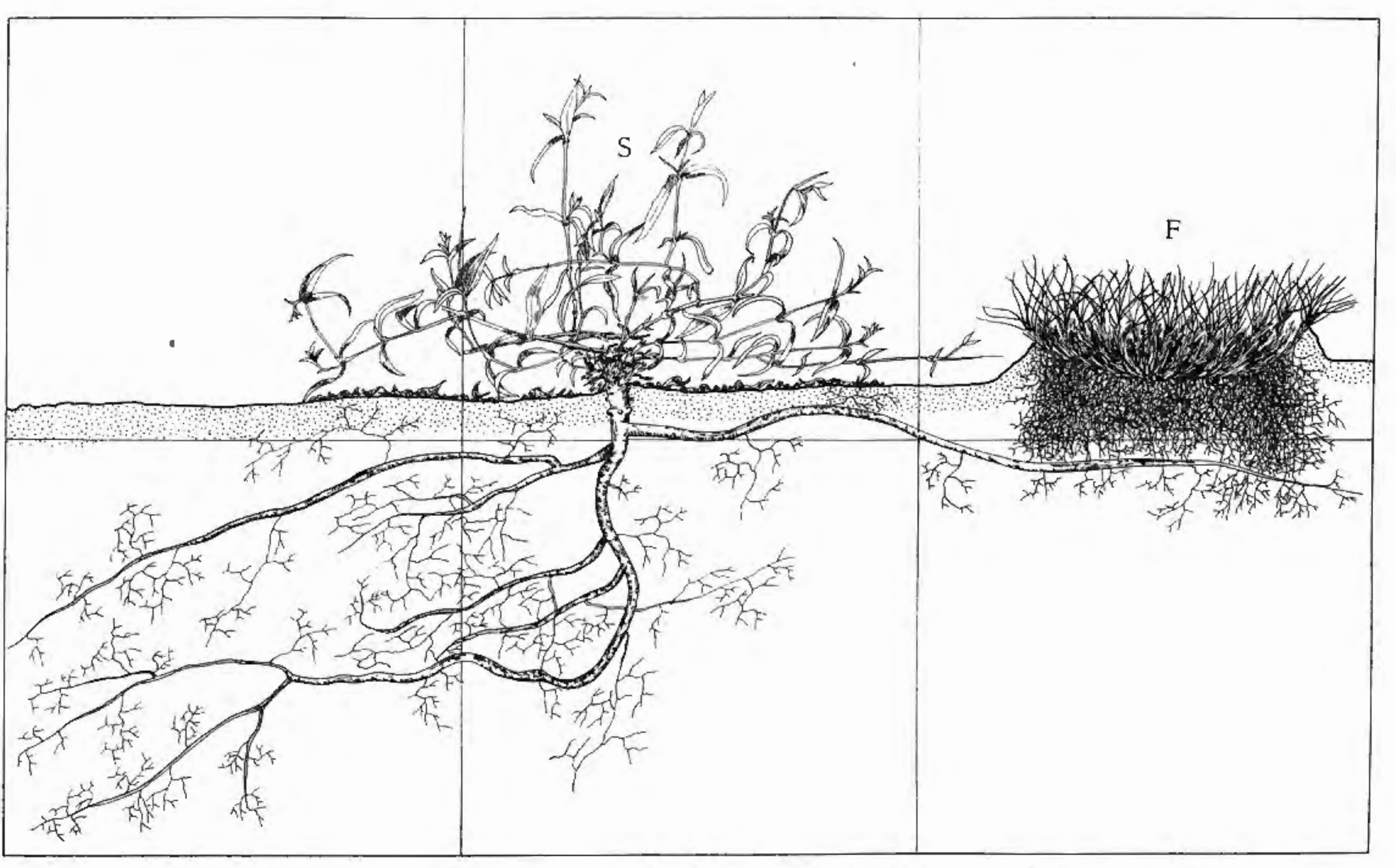


Fig. 9. — Ilot de colonisation S = *Silene vulgaris* GARCKE var. *angustifolia* KOCH. F = *Festuca ovina* L. var.

des individus présents et surtout par une nette multiplication des semis naturels.

En 1945, la colonisation était assurée principalement par *Silene vulgaris* GARCKE, var. *angustifolia* KOCH L. var. (fig. 11), et *Festuca ovina*, L. var. avec ça et là une touffe de *Deschampsia flexuosa* L. ou de *Minuartia verna* HIERN., var.; on voyait peu de trace d'une colonisation en cours à l'exception de petites plantules de *Silene*.

En 1955, le nombre de plantes a augmenté; les petits groupes de végétaux ont étendu leur surface; éparpillés sur le terrain, les Silènes sont plus nombreux. Les plaques de *Festuca ovina* L. var. ont étendu leur superficie, se propageant par voie végétative. Mais, fait significatif d'une accélération de la colonisation, aux alentours des *Deschampsia* se voient un grand nombre de plantules dans les débris humiques cités plus haut; à ces jeunes graminées se joignent de nombreux Silenes. *Minuartia verna* HIERN. forme des petites plaques qui gagnent de plus en plus de surface. On peut donc s'attendre à voir les graminées prendre une extension centrifuge à partir des touffes isolées. La concurrence ne commencera à jouer que lorsque le groupement sera fermé; le Silene pourrait alors être éliminé par ces graminées. La colonisation du terrain passe par une phase assez longue qui se poursuit jusqu'à une certaine accumulation de débris organiques; ces derniers amorcent alors une colonisation plus rapide.

LA FAUNE.

On peut distinguer dans la faune des éléments conditionnés par divers facteurs du milieu, à savoir :

1) Parasites propres à une plante.

Il s'agit principalement du coléoptère, abondant, *Lasia quatuorviginti notata* L., dont la présence est liée à *Silene vulgaris* GARCKE var. *angustifolia* KOCH. Ces insectes se tiennent à la base de la plante, dans les débris végétaux; l'adulte et la larve dévorent le parenchyme des feuilles et s'attaquent même aux tiges; leurs dégâts sont considérables et ils défeuillent parfois entièrement les plantes. Il est à remarquer qu'à Angleur, où des Silènes amenés avec les minerais de zinc, se sont répandus sur les dépôts de cendres de l'usine « La Vieille Montagne », ce coccinellidae est aussi très fréquent.

Par son association avec les Silènes, ce coléoptère est vraisemblablement une des premières espèces animales apparues sur le terrain.

2) Organismes recherchant des conditions particulières au site :

Cicindela hybrida L. La présence de ce coléoptère, un des organismes caractéristiques du site, est conditionnée par la structure du substrat et peut-être également par le microclimat propre à cette étendue de « sable »

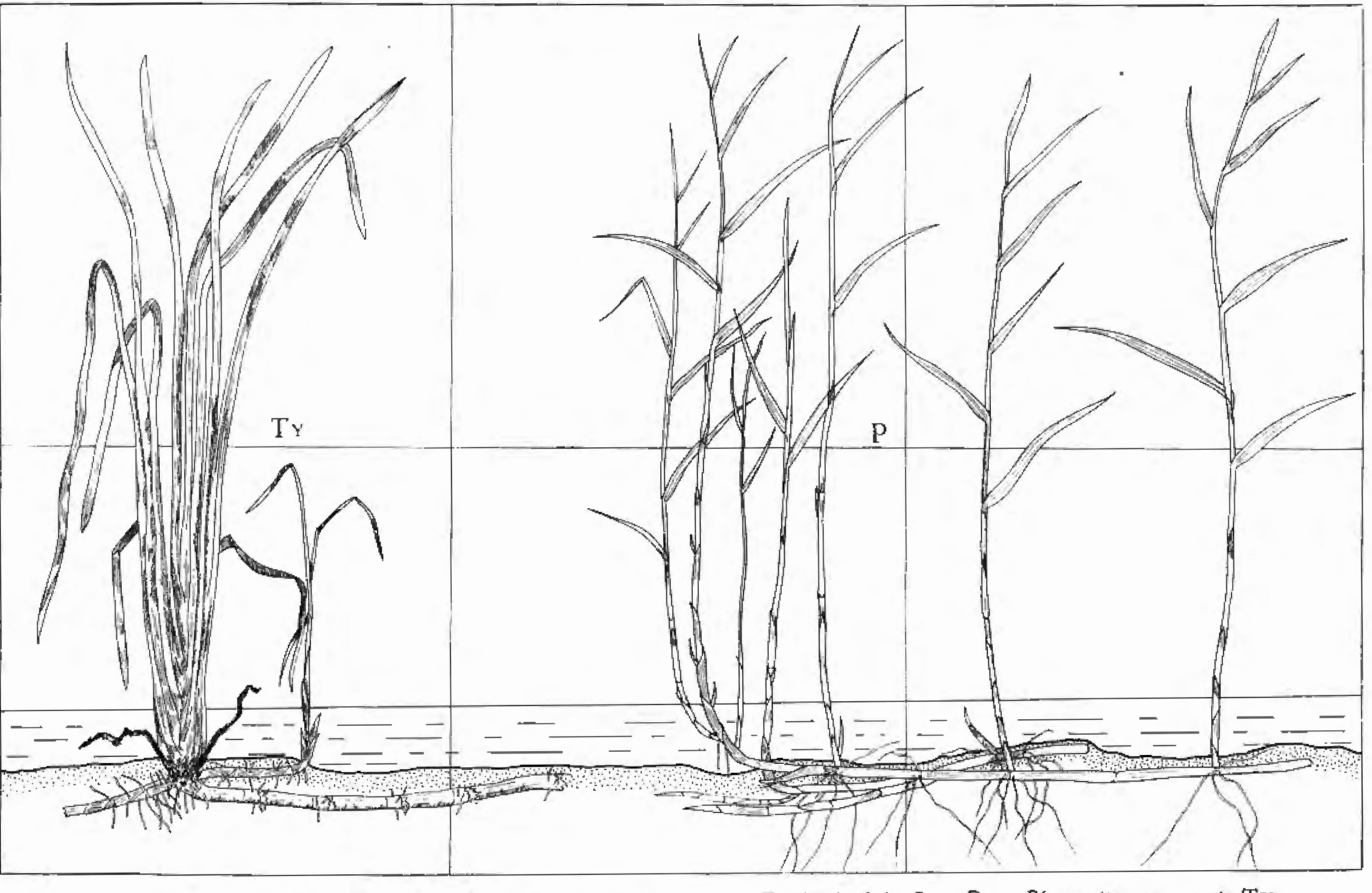


Fig. 10. — Groupement colonisateur du milieu aquatique. Ty = *Typha latifolia* L. P = *Phragmites communis* Tri.

sujet à des échauffements superficiels considérables lors des périodes ensoleillées. Nettement arénophile, en Belgique, elle est surtout répandue en Campine et le long du littoral.

Cette dépendance de la nature physique du sol, est propre aux Cicindèles. En effet, dans une étude sur la distribution de ces Coléoptères N. Shelford (1907) constate que les phénomènes d'érosion et l'évolution générale du sol de surface provoquent un continuel changement de l'habitat des Cicindèles. Il observe notamment que lorsque les dépressions

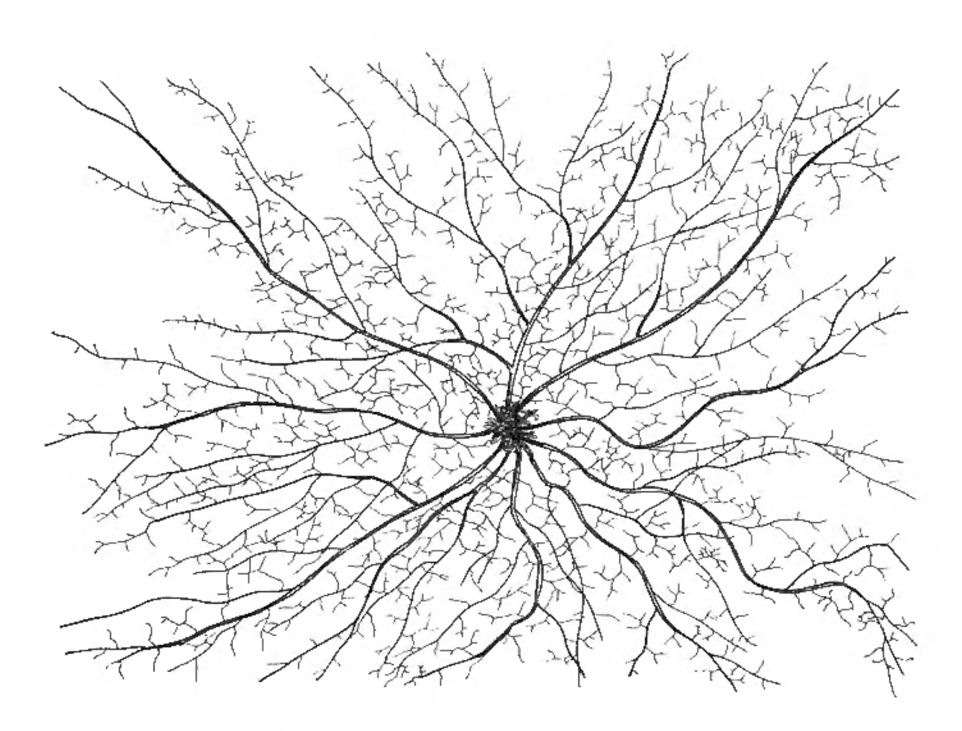
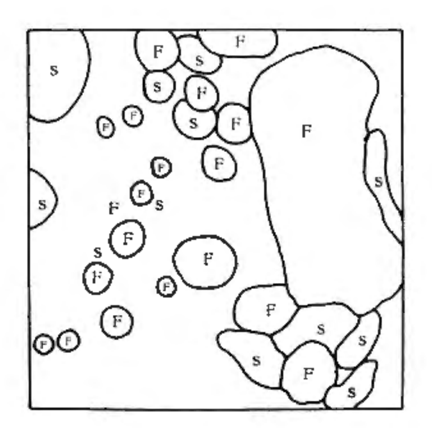


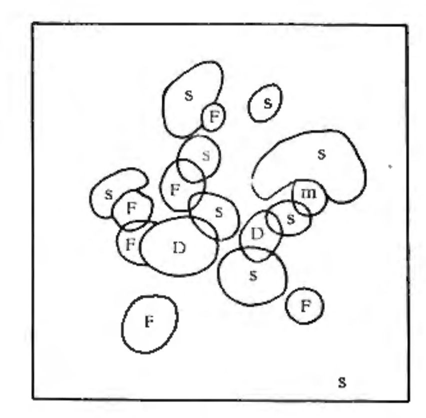
Fig. 11. — Expansion du système radiculaire de *Silene vulgaris* Garcke var. *angustifolia* Koch.

humides et sableuses évoluent vers une plus forte humidification, l'espèce initiale de Cicindèles disparaît pour faire place à une espèce nouvelle. Cette sensibilité au substrat fut observée expérimentalement par cet auteur. La femelle à qui furent offerts différents substrats éprouve le sol avant de pondre, elle fait une série de trous de 7 à 10 mm mais elle ne dépose ses œufs que dans quelques-uns de ceux-ci, montrant un choix strict pour un type de sol. Elle abandonne certains trous avant d'avoir atteint la profondeur normale. Cette réaction serait due à la sensibilité de poils portés par

le dixième segment abdominal, sensibilité spéciale aux grains du sol et à l'humidité. Les galeries de la larve de cette Cicindèle sont nombreuses dans le terrain étudié (fig. 15); les trous ne se trouvent jamais au voisinage des touffes de plantes, mais dans les étendues libres de végétation.

Les observations sur le terrain ont permis deux constatations : 1) La larve creuse la galerie dans la première couche du terrain là où les particules ont les dimensions représentées à la figure 2; La galerie s'arrête au contact de la seconde couche où le terrain, à éléments de dimensions plus importantes, présente un plus fort tassement. 2) La larve circule verticalement dans la galerie suivant les conditions d'humidité du sol et de la température de ce dernier. Or ce sol perd rapidement son humidité par évaporation et par percolation et il s'échauffe considérablement en surface. Dans de telles conditions la larve subirait une dessication, aussi descend-





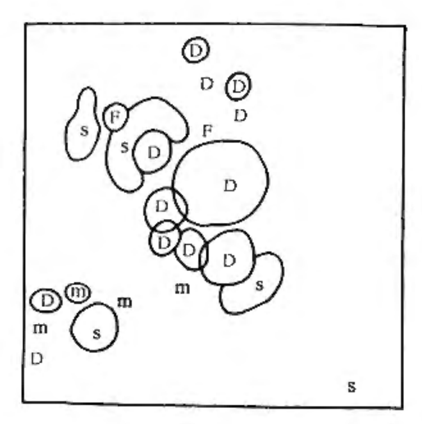


Fig. 12, 13 et 14. — Ilots de colonisation végétale.
D = *Deschampsia flexuosa* L. — F = *Festuca ovina* L. var.
M = *Minuartia verna* HIERN. — S = *Silene vulgaris* GARCKE var. *angustifolia* KOCH.

elle plus profondément dans le sol. Par un fort échauffement en surface (32,5° C) et une faible teneur en eau (2 %) et par 22° C et 22 % de teneur en eau à — 4 cm, les larves se situent à — 8 cm, par une température de 19° C et une teneur en eau de 38 %; mais à cet endroit elle passe rapidement en 2 cm de profondeur, à 80 % de teneur en eau. L'adulte circule parfois sur le terrain mais s'abrite souvent sous les débris, près des groupes de plantes. On l'observe de mai à l'automne.

3) Espèces ubiquistes.

L'installation de ces dernières est fonction, d'une part, de la colonisation végétale et des abris qu'elle procure et d'autre part, du hasard des apports faunistiques extérieurs.

Parmi les espèces qui accèdent à ce terrain, seules se maintiennent les formes sédentaires pouvant se localiser à la base d'une plante. Ces organismes dépendent étroitement de la couverture végétale soit directement dans le cas des saprophages, soit indirectement pour les prédateurs qui y sont liés et recherchent également l'abri offert par les plantes.

Les saprophages. — Ce groupement est constitué principalement par des Collemboles, abondants sous les plantes de Silènes.

Un coléoptère *Cytilus varius* F (BYRRHIDAE) se trouve fréquemment sous les plantes. Cette espèce vit en général sous les pierres, dans les endroits sablonneux; se nourit très probablement de débris végétaux.

Les prédateurs. — Les araignées constituent le groupe le plus important dans la synusie des prédateurs. Parmi les Arachnides, les Erigonides sont les plus communs; ces espèces de petite taille ne se trouvent qu'à la base des plantes, principalement dans les débris végétaux qui tapissent le sol à la base des Silènes; ces espèces demandent vraisemblablement un taux élevé d'humidité. Elles se nourissent de petites proies, vraisemblablement des Collemboles et peut-être des Acariens.

Xysticus cristatus (CLERCK), nettement lucifuge, fréquente généralemnet la base des plantes; dans le site elle est trictement inféodée aux plantes. Elle peut capturer des proies plus importantes telle que *Pardosa monticola* (CLERCK). Cette dernière bien que fréquentant la base des plantes circulent volontiers en terrain découvert mais elle semble choisir certaines conditions atmosphériques et éviter une trop forte insolation.

Une Salticide : *Heliophanus sitteri* SCOP. est parfois observée aux alentours des plantes.

Relativement rares dans le site, *Pachygnatha clercki* SUNDEVAL et *P. degerii* SUNDEVAL tissent leur toile dans les touffes de gazon.

Les Carabides appartiennent à des espèces ubiquistes qui se comportent comme les Lycoses; *Pterosticus* sp. constitue l'espèce la plus abondante.

LE RÔLE DES FACTEURS ÉCOLOGIQUES.

L'éclairement joue un rôle primordial dans la localisation des insectes sous le couvert végétal qui intercepte la lumière tant quantita-

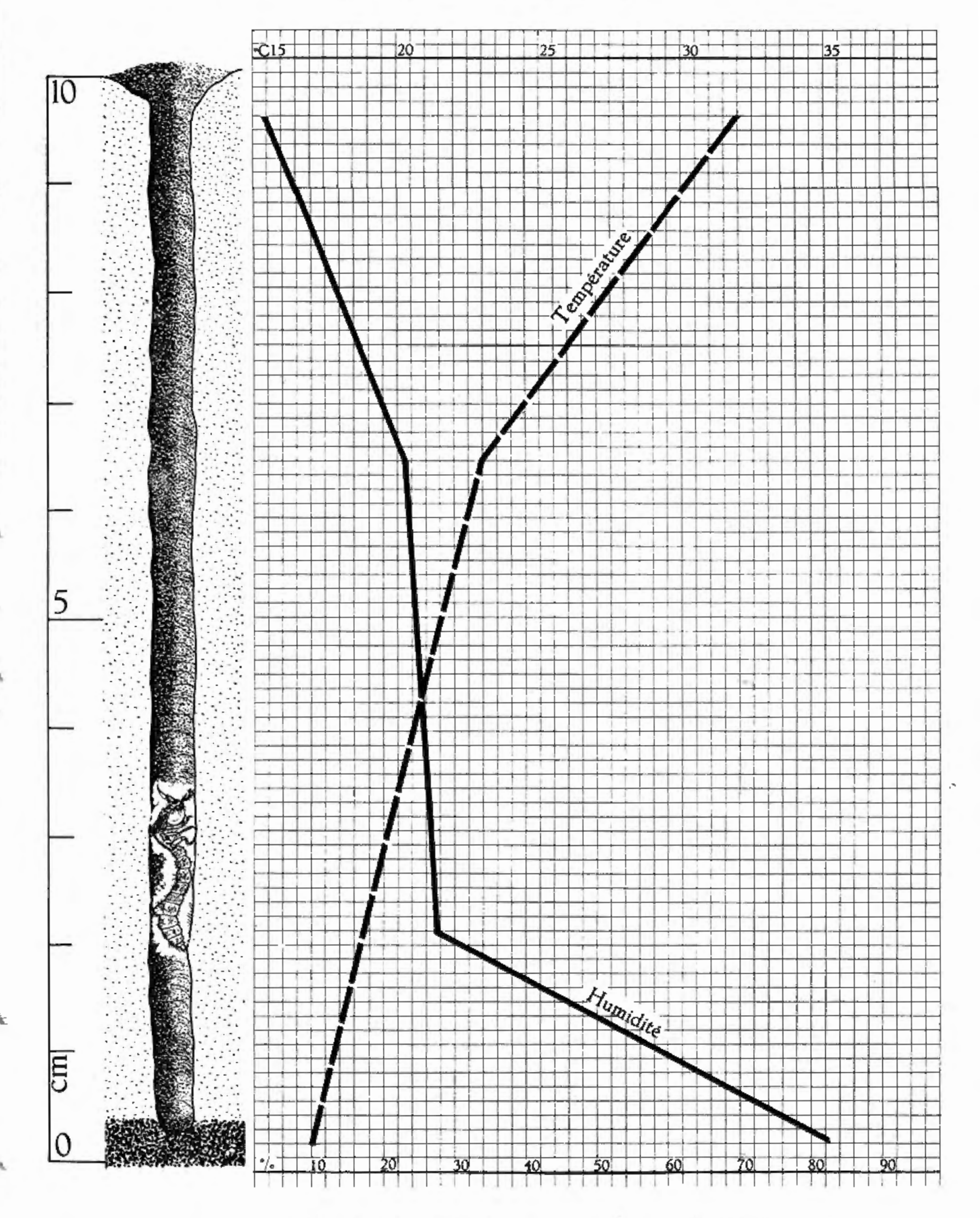


Fig. 15. — Profil de la galerie de la larve de *Cicindela hybrida* L.

tivement que qualitativement. Généralement les invertébrés fuient le sol nu; en effet, ce dernier subit un rayonnement intense qui agit sur les organismes par le flux, non seulement lumineux, mais aussi énergétique variable au cours de la journée.

TABLEAU III.

Eclairement au sol, suivant la hauteur du soleil d'après R. DOGNIAUX (1954).

Angle	Eclairement direct	
	lumineux	énergique
60°	70.050	1,03
50°	58.850	0,88
40°	44.800	0,70
30°	30.500	0,50
20°	15.650	0,29
10°	3.250	0,09

Des phénomènes de réflexion se situent également au voisinage immédiat du sol; l'insecte reçoit donc à la fois un double rayonnement par le dessus et le dessous. Les tolérances spécifiques vis-à-vis du rayonnement dépendant de la nature et de la couleur de la cuticule des organismes. Chaque espèce présente à la lumière une préférence propre qui semble dépendre des saisons ainsi que le montrent les expériences de G. HERRSTROM (1949) sur *Agonum*.

Généralement le flux lumineux toléré est de loin inférieur à la quantité de lumière reçue à l'air libre; l'auteur précité donne par exemple pour *Agonum*, un optimum d'illumination de 0,61 à 0,024 Lx. La sélection opérée par la végétation dans les diverses longueurs d'onde du rayonnement solaire est un des facteurs les plus difficilement mesurables, mais d'une action indéniable si l'on tient compte de la sensibilité des insectes aux diverses couleurs. Le phototropisme peut varier d'ailleurs avec l'état physiologique de l'individu et déterminer son rythme biologique, telles les chenilles d'*Euproctis chrysorrhea* L. qui photopositives à jeun et amenées de ce fait vers leur nourriture, deviennent photonégatives après avoir mangé. Il est pertinent de supposer la présence de phénomènes analogues chez les Cicindèles dont nous avons pu observer des réactions différentes par les mêmes conditions d'éclairement; tantôt elles circulent en plein soleil, tantôt elles se cachent sous les plantes là où le flux lumineux est 90 % moindre qu'à l'extérieur.

Les *Pardosa monticola* (CLERCK) circulent par temps couvert, les autres organismes manifestent un net phototropisme négatif. Parmi les Arachnides, les Thomisides sont très lucifuges, quand on bouleverse leur abri, elles se cachent à reculons sous les petits débris végétaux. Bien qu'elles soient peut-être également photonégatives les Erigonides semblent rechercher surtout l'humidité élevée régnant dans la litière humique. La distribution de ces Arachnides est d'ailleurs significative à cet égard. La Thomiside, *Xystiscus cristatus* (CLERCK) se rencontre sous les Silènes et dans le microclimat réalisé par les touffes de *Deschampia*, alors que les Erigonides vivent presqu'uniquement sous les Silènes où l'humus constitue un milieu presque toujours humide.

La température. — Son effet est étroitement lié à celui du rayonnement. Toutefois on peut affirmer qu'en plus du flux lumineux et calorique, les insectes sont affectés par la température du substrat et particulièrement par les variations thermiques brusques. Dans le site ce phénomène s'observe lorsqu'on note un fort écart de température sur quelques centimètres dès que l'on franchit la limite de couverture des plantes; La faune dans ce cas ne dispose que des quelques centimètres carrés couverts par la végétation. Les différences se marquent en profondeur comme l'indiquent les mesures (fig. 4), le décalage persistant un certain temps après l'insolation. L'inertie thermique du couvert végétal joue le rôle contraire lors du refroidissement nocturne par rayonnement.

Dans leur étude sur les populations de carabides dans la région littorale languedocienne et leurs rapports avec le sol et sa couverture végétale P. VERDIER et P. QUEZEL (1951), ont mis bien en évidence les facteurs présidant à ces relations. La température joue un rôle important lié à la teneur en eau du sol dont dépend la stabilisation des groupements d'animaux. Comme dans le cas étudié, les espèces semblent montrer une préférence pour les habitats végétaux formant un bon tampon thermique. Ces auteurs observent une inféodation absolue aux conditions microclimatiques réalisées par les différents groupements végétaux.

Il apparaît nettement que les populations d'invertébrés sont liées à un tel type de végétation, même en faisant abstraction de la relation directe « plante-parasite » (telle ici *Lasia* et *Silene*), cette *dépendance* provient du microclimat (au large sens du terme) réalisé par la morphologie de la plante. Cette dépendance se marque surtout dans les associations ouvertes : garrigues, schorre, ou comme dans le cas présent, au début de la colonisation d'un site. On voit nettement une faune liée aux trois plantes principales *(Silene, Festuca, Deschampsia)* et conditionnée par le degré de couverture, la nature de la micro-litière, etc. Quand la couverture végétale devient continue les facteurs écologiques s'intègrent; le peuplement faunistique devient homogène en surface et présente une stratification verticale plus nette comme par exemple dans le cas d'une prairie. Cette relation entre faune et couvert végétal est bien mise en évidence par le travail de E. LARSEN (1951) sur la faune côtière de Skallingen où des relevés quantitatifs montrent un peuplement animal reflétant nettement les fluctuations de la couverture végétale du biotope.

Le milieu aquatique.

La nappe de sédiments est bordée par un petit talus qui, à la partie la plus basse du terrain, provoque la formation d'une nappe d'eau, de 10 à 30 cm de profondeur maximum.

Cette pièce d'eau est envahie par *Typha latifolia* L. et *Phragmites communis* TAN. Ces deux espèces proviennent d'un vaste étang très proche; elles forment un groupe compact, qui, grâce à leur système radiculaire tente à envahir la pièce d'eau.

La faune aquatique se montre extrêmement pauvre : on n'y trouve qu'un Corixide : *Megalocorixa geoffroyi* L. Ces hémiptères représentent d'ailleurs les seuls organismes des mares situées dans l'ancienne mine de zinc. A la surface, à proximité des roseaux, *Microvelia* sp. circule en nombre élevé. En 1955, il fut trouvé, sur le fond des larves de Chironomides. Il n'y a pas trace d'entomostracés.

Il faut attribuer cette pauvreté à la présence de sels de zinc, soit qu'ils agissent directement sur la faune, soit indirectement par leur action inhibitrice sur le phytoplancton.

La frange littorale, avec ses amas de débris végétaux, abrite une faune plus riche, mais ce milieu est banal et sans relation avec les sols calaminaires.

Evolution de la faune.

En un an, la faune a sensiblement augmenté qualitativement et quantitativement; les espèces comme *Pterostichus* sp. et *Cicindela hybrida* L. sont devenues communes, un Chilopode, *Lithobius forficatus L.*, commun dans les terrains vagues avoisinants, est apparu sous les touffes de plantes.

Conclusions.

Les déversements de cette nappe de sédiments offraient à la faune un terrain totalement vierge avec principales caractéristiques physicochimiques un sol voisin du sable par sa structure granulaire et une teneur élevée en sels de zinc. Ces deux facteurs jouent un rôle important dans la colonisation végétale : la végétation particulière des haldes calaminaires voisines montrent combien le zinc agit sur la végétation et sélectionne sévèrement les espèces susceptibles de s'installer sur ce nouveau terrain. Les plantes colonisatrices sont des espèces calaminaires; à l'exception d'une espèce semblant très tolérante à l'égard du zinc : *Deschampsia flexuosa* L. C'est à partir de cette colonisation végétale que s'établira le peuplement animal, celui-ci, en effet, succède ou du moins est parallèle, à l'installation de la végétation. Néanmoins il est possible que certaines espèces accidentelles aient fréquenté le terrain sans s'y fixer. Mais il est très probable que *Cicindela hybrida* L. ait colonisé le site indépendamment de la flore.

La principale relation établie entre la flore et la faune est d'ordre alimentaire. Elle peut être : a) unispécifique lorsqu'il s'agit d'un parasite propre à une espèce végétale, telle que *Lasia* inféodée au Silène; ou

b) plurispécifique dans le cas de phytophages parasitant plusieurs espèces de plantes. La plante procure également la nourriture à un autre groupe important d'animaux : les saprophages : Acariens et Collemboles. Les plantes conditionnent aussi d'autres facteurs très importants; par exemple les conditions microclimatiques, détaillées précédemment, qui se caractérisent par une brusque transition avec le milieu ambiant et qui localisent la faune dans la limite des plantes. Indispensables à la plupart des organismes déjà liés aux plantes par des liens trophiques directs ou

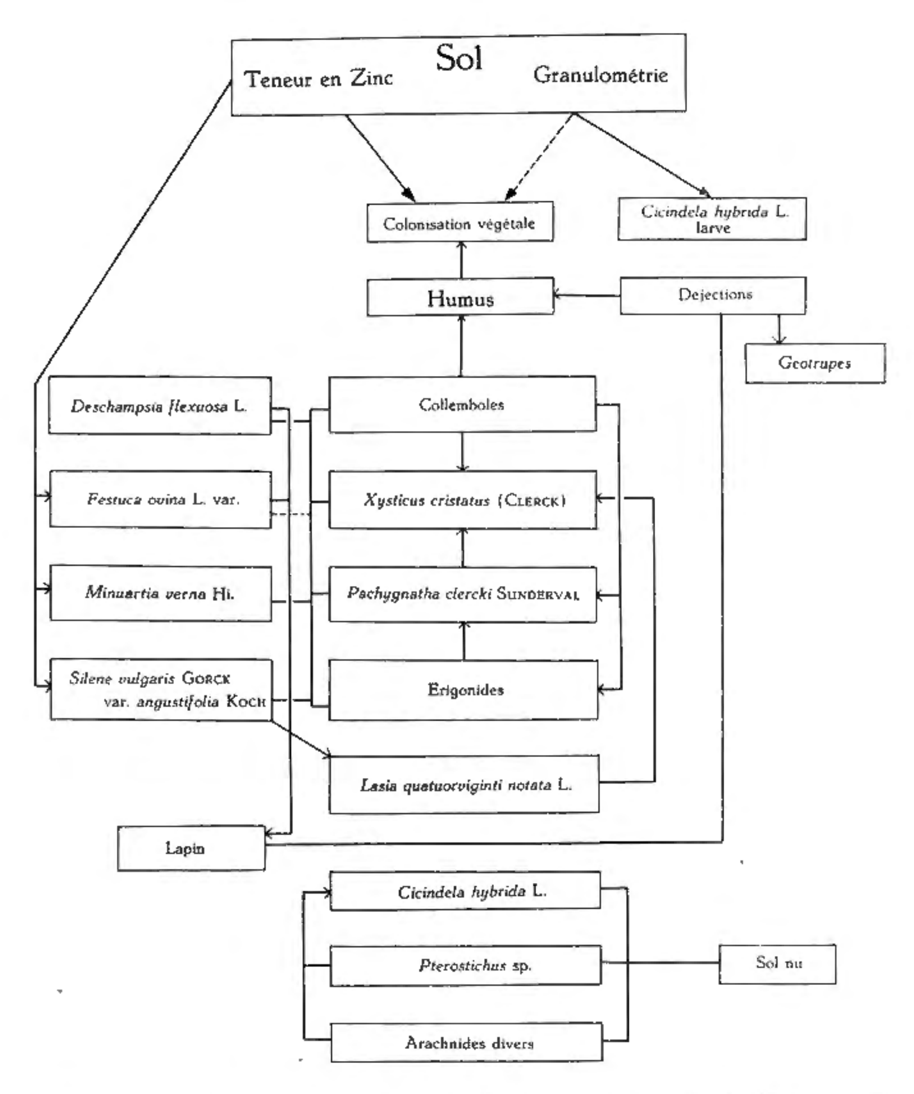


Fig. 16. — Schémas des relations écologiques de la faune et de la flore du site. AB = A profitant ou conditionnant B. — Trait interrompu = relation faible.

indirects, ces conditions stationnelles particulières permettent en outre la présence de formes animales non inféodées à la plante par des relations alimentaires telles les Araignées et certains Carabidés.

Entre les animaux existent évidemment des relations de « proie à prédateurs »; elles lient ces derniers indirectement aux plantes; la couverture végétale est donc ici le milieu « indispensable à la vie animale ».

L'évolution du peuplement du biotope est remarquablement freinée par la pauvreté de la flore due à la présence de zinc. L'observation du site durant deux années a permis de suivre le processus de la colonisation du Silène. Chaque touffe de plantes modifie peu à peu les conditions édaphiques par un apport de matière végétale. Cet enrichissement du sol de surface permet non seulement l'installation de nouvelles plantes venant de l'extérieur, mais également la germination des graines de la plante mère. Le processus est généralement rapide dans les terrains normaux. L'humidification du sol est hâtée par la microfaune qui humifie les débris végétaux. Le lapin joue également un rôle important par l'accumulation des excréments au même endroit et à proximité des groupes de plantes, où les *Geotrupes* mélangent les matières fécales du sol minéral.

Résumé.

Au cours de la colonisation d'une nappe de sédiments riches en zinc (La Calamine, Est de la Belgique), le peuplement se fait à partir des groupements de plantes calaminaires voisins. L'installation de la faune est étudiée en fonction des facteurs microclimatiques engendrés par la flore.

Index bibliographique.

Dogniaux, R.
1954. *Etude du climat de la radiation en Belgique.* (Inst. roy. Météor. Belg. contr. 18.)

Herrstrom, G.
1949. *Illumination preferendum and adaptation experiments with Agonum dorsale* Pont. (Oikos, 1, 1, pp. 48-56.)

Larsen, E.
1951. *Studies on the Soil fauna of Skallingen.* (Oikos, 3, 1, pp. 166-193.)

Salisbury, E.
1952. *Downs and Dunes, their plant life and its environnent.* (Londres.)

Shelford, N.
1907. *Preliminary note on the distribution of the Tiger beetles (Cicindela) and its relations to plant succession.* (Biol. Bull., 14, pp. 9-14.)

Vardier, P. et Quezel, P.
1951. *Les populations de Carabiques dans la région languedocienne; leurs rapports avec le sol et sa couverture végétale.* (Vie et Milieu, Actualités scientifiques et industrielles, Tome II, fasc. 1.)

Institut royal des Sciences naturelles de Belgique.

Ad. Goemaere, Imprimeur du Roi, 21, rue de la Limite, Bruxelles